Ueber die Abnahme der Organe, insbesondere der Knochen, beim Hunger.

Dissertatio inauguralis

zur

Erlangung der Doctorwürde der Medicin.

Der medicinischen Facultät

der

Kgl. Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

August Carl Sedlmair, cand. med.
aus München.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1898.

Ueber die Abnahme der Organe, insbesondere der Knochen, beim Hunger.

Dissertatio inauguralis

zur

Erlangung der Doctorwürde der Medicin.

Der medicinischen Facultät

der

Kgl. Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

August Carl Sedlmair, cand. med.
aus München.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1898.

Referent:

Herr Professor Dr. C. Voit.

Trotz der vielfachen Untersuchungen über die Abnahme der verschiedenen Organe beim Hunger sind doch noch manche Punkte hierin nicht ganz aufgeklärt. Namentlich finden sich über die Betheiligung der Knochen noch gewisse Widersprüche vor und ist namentlich der Gewichtsverlust der fettfreien Knochen, sowie die Aenderung des Wassergehaltes, der organischen Grundlage und des Kalksphosphats derselben noch nicht genügend geprüft.

Ich habe versucht diese Lücken durch Untersuchung der Organe einer gut genährten und zweier hungernder Katzen auszufüllen.

I. Frühere Versuche.

Die Literatur hierüber ist zwar schon öfters zusammengestellt worden, jedoch lässt sich aus diesen Darstellungen zum Theil nicht klar entnehmen, welche Fortschritte in den Erkenntnissen durch die einzelnen Forscher angebahnt worden sind, wesshalb ich einiges hierüber angeben möchte.

Die ersten an Tauben angestellten Versuche rühren bekanntlich von Chossat her, dessen Werk „sur l'inanition" (1838) berühmt geworden ist. Er hat dabei festgestellt, dass die einzelnen Organe sich an dem Verluste beim Hunger in sehr ungleicher Weise betheiligen; in 4—18 Hungertagen nimmt das am Körper abgelagerte Fett procentig am meisten an Masse ab, dann die

blutreichen Organe; auch die Knochen verlieren nach ihm an Gewicht, dagegen nur sehr wenig das Nervensystem. Die von Chossat gefundenen Zahlen sind häufig nicht richtig wieder gegeben worden; Prof. C. Voit hatte die von ihm in seiner Lehre vom allgemeinen Stoffwechsel (S. 96) gebrachte Tabelle des Gewichtsverlustes der frischen Organe den Angaben des Lehrbuchs der Physiologie des Menschen von Valentin[1]) entnommen; erst später bemerkte er, dass diese Angaben nicht ganz richtig sind, indem sie sich theils auf frisches, theils auf trockenes Organ beziehen. Herr Privatdocent Dr. Fritz Voit hat aus Chossat's Buch die Zahlen für den mittleren procentigen Verlust der frischen und der trockenen Organe der correspondirenden Thiere ausgerechnet und mir zu der folgenden Tabelle überlassen.

	Abnahme in %	
	frisch	trocken
Fettgewebe (mit Haut) .	75	93
Milz	71	67
Pankreas	64	65
Leber	53	47
Herz	45	48
Muskeln	42	43
Nieren	32	29
Lungen	22	22
Knochen	3	17
Gehirn u. Rückenmark .	1	9

Darnach haben die frischen Knochen der Tauben nur wenige Procent (3 %) an Gewicht abgenommen, die trockenen Knochen aber um 17 %, d. h. die frischen Knochen müssen während des Hungerns procentig an Wasser reicher und an Trockensubstanz (an Ossein oder an Aschebestandtheilen oder an Fett) ärmer geworden sein. Ebenso ist es mit dem Gehirn und Rückenmark,

1) Bd. 1 S. 735.

auch mit dem Fettgewebe. Die meisten übrigen Organe haben ihren procentigen Wassergehalt nur wenig geändert und sind theils etwas ärmer, theils etwas reicher an Wasser geworden.

In den viel citirten, aber für unsere Zwecke ganz unzureichenden Versuchen von Schuchardt[1]) betrug das mittlere Gewicht des Sternum, der Femora und Crura von fünf wohl genährten Tauben im frischen Zustande 5,34 g, das der fünf Tage hungernden Thiere 4,974 g; es fand also beim Hunger eine Gewichtsabnahme jener Knochen um 0,366 g statt.

Die an Katzen gewonnenen Zahlen von Bidder und Schmidt[2]) sind, wie Prof. C. Voit dargethan hat, für die vorliegenden Fragen nicht entscheidend, denn diese Forscher liessen eine Katze von 2572 g Körpergewicht während 18 Tagen hungern[3]) und nahmen zur Feststellung der Organgewichte derselben bei Beginn des Hungers einen jungen Kater von nur 1505 g Körpergewicht. Indem sie die wasserfreien Knochen am Stoffwechsel sich nicht betheiligen liessen und ein constantes Gewichtsverhältniss derselben zum Gesammtgewicht des Thieres annahmen, berechneten sie zuerst das Anfangsgewicht der hungernden Katze und dann nach dem in der Gewichtseinheit des Vergleichsthiers für jedes Organ gefundenen Werth das Gewicht dieser Organe am ersten Hungertage. Diese Annahmen sind aber unrichtig, denn es nehmen die trockenen Knochen beim Hunger an Gewicht ab und dann hat Prof. C. Voit[4]) durch Wägungen der Organe von 11 Katzen sich überzeugt, dass das Gewichtsverhältniss des trockenen Knochengerüstes zum Gesammtgewicht des Thieres durchaus nicht constant ist. Es ist ferner klar, dass, wegen der grossen Differenz im Körpergewicht und im Alter der Thiere von Bidder und Schmidt, die Gewichtsabnahme der einzelnen Organe und die Aenderung ihres Wassergehaltes beim Hunger nicht genügend genau zu entnehmen ist. Daher

1) Diss. inaug. Marburg 1847.

2) Verdauungssäfte und Stoffwechsel 1852, S. 327.

3) Das Hungerthier nahm nach Belieben Wasser auf und zwar an 7 Tagen von den 18 Hungertagen.

4) C. Voit, Zeitschr. f. Biol. 1866, Bd. 2 S 354.

kommt es, dass sie einen Verlust der Trockensubstanz des Gehirns und Rückenmarks von 33 % erhielten, und dass die Organe des verhungerten Thiers, auch die Knochen, ärmer an Wasser gefunden wurden.[1]) In den Knochen der verhungerten älteren Katze waren 63,6 % Trockensubstanz (mit 8,84 % Fett); in den Knochen der jungen Vergleichskatze nur 54,5 %.

Von Prof. C. Voit rühren die ersten genaueren Angaben hierüber am Säugethier, nämlich an zwei Katzen von nahezu gleichem Gewicht, einer wohlgenährten und einer hungernden, her. Darnach nahmen die frischen Knochen der letzteren nach 13 Hungertagen um 14 % an Gewicht ab, die frischen Muskeln um 31 %, die Leber um 54 %, das Herz um 3 %, das Gehirn und Rückenmark um 3 %, das Fettgewebe um 97 %.[2]) Der procentige Wassergehalt der Organe des hungernden Thieres, welches kein Wasser aufnahm, war fast der gleiche wie bei dem normalen Vergleichsthier geblieben: Der Wasser- und Fettgehalt des Gehirns war unverändert, das Blut des Hungerthiers enthielt etwas mehr Trockensubstanz, Eiweiss und Blutkörperchen. Da das Thier Wasser der zersetzten Körpertheile zurückbehalten hatte und desshalb die Organe zumeist einen etwas höheren Wassergehalt zeigten, namentlich die Muskeln und die Leber, so ist es unzweifelhaft, dass die Knochen nicht ärmer an Wasser geworden sind, also der Gewichtsverlust desselben um 14 % nicht aus Wasser bestehen konnte, sondern nur die Trockensubstanz betraf.

Eingehende Untersuchungen über das Verhalten der Knochen pflanzenfressender Säugethiere, von Ziegen, Kaninchen und jungen Lämmern, hat H. Weiske angestellt, und zwar bei einseitiger

1) Siehe hierüber besonders Eugen Wildt (landw. Versuchs-Stationen 1872, Bd. 15 S. 404), der die grössten Schwankungen im Wassergehalte der Knochen junger und alter Kaninchen fand; dann auch M. Schrodt (landw. Vers.-Stat. 1876, Bd. 19 S. 349), der bei einem zweijährigen Hunde Schwankungen in den einzelnen Knochen nachwies; ebenso Erwin Voit (siehe C. Voit, Stoffwechsel S. 346).

2) Der Verlust der trockenen Organe war:

Muskel	30 %
Leber	57 »
Gehirn und Rückenmark	0 »

Entziehung von Kalk, bei Zusatz von Erdphosphaten und auch beim Hunger. Bei Entziehung von Kalk an Ziegen und jungen Lämmern trat der Tod ohne Aenderung der Zusammensetzung der Knochen ein. Bei einem 27 Tage hungernden Kaninchen [1]) hatten die trockenen entfetteten Knochen gegenüber denen des zu Anfang des Versuchs getödteten Normal-Kaninchens um 12,07 %, die eines 32 Tage hungernden Kaninchens um 16,65 % verloren; der Aschegehalt der Knochen war nahezu derselbe wie zu Anfang des Hungers. Auf einen neuerlichen derartigen Versuch von Weiske an Kaninchen werde ich nachher noch zurückkommen.

Dem gegenüber that J. Forster [2]) in C. Voit's Laboratorium dar, dass bei aschearmer, also auch kalkarmer Nahrung, welche den Körper eines Hundes auf seinem Bestande an Eiweiss und Fett, also auch an der organischen Grundlage des Knochens, erhielt, eine einseitige Verarmung des Knochens an Mineralbestandtheilen, speciell an Kalk und Phosphorsäure, eintritt; denn der Hund schied in 26 Tagen im Harn und Koth viel mehr Calcium (13,57 g) aus, als er aus den Muskeln, dem Blute und den übrigen Weichtheilen verloren hatte; es verloren darnach von ihrem ursprünglichen Kalkgehalte die Muskeln 56 %, das Blut 40 %, die Knochen 3 %. In einem zweiten Falle wurden die gleichen Resultate erhalten, und schied dabei der Hund 4—5 mal mehr Calcium aus, als in allen seinen Weichtheilen abgelagert war.

Dass die Knochen noch wachsender und ausgewachsener Thiere (Tauben und Hunde) bei länger währender kalkarmer Fütterung an Masse einbüssen und brüchig werden, das ist jetzt durch vielfache Versuche, entgegen Weiske, entschieden worden.[3]) Erwin Voit hat dargethan, dass die pflanzenfressenden Thiere Weiske's an Inanition zu Grunde gegangen sind, weil sie zu

1) Zeitschr. f. Biol. 1874 Bd. 10 S. 410. Der Wasser- und Fettgehalt der Knochen ist nicht angegeben.

2) Zeitschr. f. Biol. 1876, Bd. 12 S. 464.

3) Siehe hierüber C. Voit, amtl. Bericht der 50. Versamml. deutscher Naturf. u. Aerzte, München 1877, S. 242, und Erwin Voit, Zeitschr. f. Biol. 1880, Bd. 16 S. 55.

wenig Futter verzehrt haben, und dass deshalb die Zeit zu der Entstehung von Knochenerkrankungen nicht gegeben war.

Erwin Voit[1]) hat ferner aus den bei C. Voit angestellten Untersuchungen von Ernst Bischoff[2]) an einem hungernden Hunde von 32 Kilo Gewicht erschlossen, dass beim Hunger eine Substanz zu Grunde geht, welche gegenüber dem Stickstoff mehr Phosphorsäure enthält als das Fleisch; diese Substanz kann nach ihm nur Gehirn oder Leber oder Knochen sein. E. Bischoff hatte nämlich bei dem während 6 Tagen hungernden Hunde im Harn[3]) und Koth ein Verhältniss von Phosphorsäure zum Stickstoff wie 1 : 6,2 gefunden, während bei Fütterung mit Fleisch oder mit Fleisch und Fett dieses Verhältniss wie 1:7,6 war; beim Hunger wird also verhältnissmässig mehr Phosphorsäure ausgeschieden. Nach dem Stickstoff im Harn und Koth berechnet sich beim Hunger eine Zersetzung von 1247 g Fleisch, nach der Phosphorsäure im Harn und Koth von 1528 g Fleisch. Da die Abnahme der Leber und des Gehirnes beim Hunger wegen ihres geringen absoluten Verlustes jenes Verhältniss unmöglich so weit ändern kann, so müssen dazu nach E. Voit unbedingt die Knochen zu Hilfe genommen werden; im Skelett treffen nach ihm auf 1 Theil Stickstoff 4,86 Theile Phosphorsäure; rechnet man den Verlust an Stickstoff und Phosphorsäure bei dem E. Bischoff'schen Hungerhunde ausschliesslich auf Muskel- und Knochensubstanz, so würde der Muskel sich mit 42,10 g Stickstoff und 5,51 g Phosphorsäure, der Knochen mit 0,3 g Stickstoff und 1,46 g Phosphorsäure betheiligen, d. h. es wären 1240 g Muskel und 11 g frischer Knochen zersetzt worden. E. Voit äusserte sich auch damals, dass der auffallend hohe Gehalt an Asche und an Kalk in dem beim Hunger entleerten schwarzen Kothe wahrscheinlich zum grössten Theile von den Knochen herrührt. Auch nach C. Voit[4]) stammt ein Theil des beim

1) Zeitschr. f. Biol. 1880, Bd. 16 S. 58.

2) Zeitschr. f. Biol. 1867, Bd. 3 S. 321.

3) Im Harn war beim hungernden Hund das Verhältniss von Phosphorsäure zum Stickstoff wie 1 : 6,4, beim gut genährten Hund wie 1 : 8,2.

4) Stoffwechsel und Ernährung, 1881, S. 380.

Hunger abgeschiedenen Kalkes von den Knochen her, deren organische Grundlage dabei angegriffen wird wie das übrige Gewebe, wodurch der darin abgelagerte Kalk frei wird. Ueber die Kalkausscheidung im Kothe hungernder Hunde liegen noch weitere Versuche aus dem Münchener physiologischen Institute vor, von Fritz Müller[1]) und von Fritz Voit[2]).

Erwin Voit machte schon damals darauf aufmerksam, dass, wenn der Verlust der frischen Knochen von 14% bei C. Voit's Hungerversuch an der Katze ausschliesslich auf einer Abgabe von Wasser beruhen würde, die Knochen am Ende des Hungers 78% Trockensubstanz enthalten müssten, während die Knochen der Normalkatze Voit's nur 67% feste Theile und selbst die der Hungerkatze von Bidder und Schmidt nur 63,6% feste Theile lieferten. Auch wies er darauf hin, dass die übrigen Organe der hungernden Katze ihren Wassergehalt nur sehr wenig verändert hatten; ebenso fand Franz Hofmann[3]) bei einem 38 Tage hungernden Hunde einen normalen Wassergehalt der Leber, der Muskeln und des Blutes.

Es liegen noch weitere Versuche über den Wassergehalt der Organe hungernder Thiere vor von S. M. Lukjanow[4]), welcher an 20 normalen und an 20 während 6 Tagen hungernden und dürstenden Tauben den procentigen Gehalt an Wasser und festen Theilen bestimmte. Die hungernden Tauben büssten 31% ihres ursprünglichen Körpergewichtes ein. Die Veränderung des procentigen Gehaltes an Wasser und festen Theilen der Organe war nur eine mässige: zum Theil war keine Aenderung zu beobachten wie im Herzmuskel, den Nieren, den Thoraxmuskeln, dem Darmtraktus, dem Blute, dem Gehirn und den Lungen; zum Theil war der Gehalt an Wasser etwas grösser wie in den Muskeln und den Knochen, zum Theil etwas geringer wie in der Milz, dem Pankreas und der Leber. Im Mittel lieferten die normalen Knochen 46,97% Wasser, die Knochen der verhungerten Thiere 51,51%.

1) Zeitschr. f. Biol. 1884, Bd. 20 S. 334.
2) Zeitschr. f. Biol. 1893, Bd. 29 S. 361.
3) Zeitschr. f. Biol. 1872, Bd. 8 S. 171.
4) Zeitschr. f. physiol. Chemie 1889, Bd. 13 S. 339.

Nach M. Gusmitta[1]) wird das Gewicht der Knochen des Hundes beim Hunger vermindert, der Wassergehalt derselben etwas vermehrt, die Menge der organischen Bestandtheile, des Fettes und der Aschebestandtheile vermindert.

Mittlerweile waren die umfassenden und sorgfältigen Untersuchungen an zwei hungernden Menschen von einer Anzahl Berliner Gelehrten erschienen[2]). J. Munk, welchem insbesondere die Analyse der Mineralbestandtheile des Harns zugefallen war, hatte dabei die interessante Thatsache gefunden, dass der Gehalt des Harns an Phosphorsäure, Kalk und Magnesia absolut und relativ zum Stickstoff des Harns vermehrt war. Der hungernde Italiener Cetti schied, ähnlich wie es schon E. Bischoff am Hunde beobachtet hatte, im Harn und Koth auf 1 Theil Phosphorsäure nur 4,4 Theile Stickstoff aus, während in den abgeschmolzenen Organen auf 1 Theil Phosphorsäure 6,6 Theile Stickstoff treffen. Der gleiche Hungerer entleerte ferner am 3., 4. und 5. Hungertage (S. 164) eine Kalkmenge im Harn, welche fast um ein Drittel grösser war als am letzten Tage der Nahrungsaufnahme; ausserdem überwog der Kalk im Harn die Magnesia. Munk erklärte dies Alles ebenfalls durch die Kalkabgabe von den Organen, namentlich von den Knochen, beim Hunger. Dies war gewiss ein sehr schöner Beweis für die Betheiligung der Knochen an dem Verlust beim Hunger, wenn dieser Verlust auch nur ein geringfügiger ist, denn Fritz Voit (a. a. O. S. 386) berechnete aus den Zahlen von J. Munk, dass Cetti während des zehntägigen Hungerns von seinen frischen Knochen nur 0,13 % eingebüsst hat. Aber dieser Beweis erschien doch schon auf anderem Wege durch die Versuche von Chossat an Tauben, von C. Voit an der Katze und von Weiske an Kaninchen geliefert. Allerdings wies J. Munk auf die Möglichkeit hin, dass die Abnahme der Knochen bei der Katze von C. Voit nur auf einem Wasserverluste beruhe; jedoch hat schon lange vor Munk Erwin Voit, wie erwähnt, auf diese Möglichkeit aufmerksam gemacht, aber sie

1) Giornale internazionale della scienze mediche 1893, No. 3.
2) Virchow's Archiv 1893, Bd. 131, Suppl.-Heft.

aus den vorher angegebenen Gründen als nicht möglich erwiesen. Das Gleiche hat nochmals Fritz Voit[1]) gegenüber J. Munk betont; denn obwohl durch einen zufälligen Umstand der Wassergehalt der Knochen bei der Hungerkatze nicht bestimmt worden war, so geht doch aus dem fast unveränderten Wassergehalte der übrigen Organe mit aller Bestimmtheit hervor, dass die Gewichtsabnahme der Knochen der Hungerkatze nicht auf einer Wasserabgabe beruhen kann, denn es sind sämmtliche Organe der Hungerkatze in ihrem Wassergehalt denjenigen der vorher reichlich mit Fleisch ernährten Vergleichskatze fast gleich geblieben, ja die Muskeln, welche 42 % des Thieres ausmachen, sowie die Leber, sind sogar wasserreicher geworden. Ein Wasserverlust der Knochen allein um 14 %, während alle anderen Organe ihren Wassergehalt beibehalten haben, ja ihn zum Theil vergrösserten, ist eine Unmöglichkeit und es ist damit bewiesen, dass der Gewichtsverlust der Knochen auf einer Abnahme der Trockensubstanz beruht. Es giebt kein einziges sicheres Beispiel für einen geringeren Wassergehalt der Knochen hungernder Thiere; alle Forscher (Chossat und Lukjanow an Tauben, Gusmitta, C. Voit und Schöndorff an Hunden, Weiske an Kaninchen) fanden darin einen höheren Wassergehalt. Auf die Angaben von Bidder und Schmidt in dieser Richtung darf man sich aus den vorher angegebenen Gründen nicht stützen.

Bei Gelegenheit der Bestimmung des Wassergehaltes der Knochen zweier Hunde, eines gut genährten und eines verhungerten, ist C. Voit[2]) abermals auf diesen Punkt zu sprechen gekommen. Er fand in den Knochen des gut ernährten Hundes 44,64 % Wasser, in denen des hungernden Hundes 49,79 %, also mehr Wasser in den Knochen des hungernden Thieres. Die verschiedenen Knochen desselben Thieres zeigten einen sehr ungleichen Wassergehalt, je nachdem man ein Stück compakter Knochensubstanz oder ein Stück mit mehr oder weniger schwammiger Substanz zur Analyse untersucht; man muss desshalb grössere Quantitäten von Knochen zur Wasserbestimmung nehmen, am

1) Zeitschr. f. Biol. 1893, Bd. 29 S. 384 u. 385.
2) Zeitschr. f. Biol. 1894, Bd. 30 S. 510.

besten sämmtliche Knochen des Thieres. Es ist, so sagt C. Voit, selbstverständlich, dass die Knochen für gewöhnlich bei dem Hunger nicht Wasser verlieren können, sondern eher reicher an Wasser werden müssen, da sie das Fett aus der Marksubstanz einbüssen, das dann durch Flüssigkeit ersetzt wird; es ist bei den Knochen ebenso wie beim ganzen Körper, der ebenfalls durch den Verlust des Fettes beim Hunger relativ reicher an Wasser wird. Die Muskeln, die Leber, Gehirn und Rückenmark enthielten bei beiden Hunden fast die gleiche procentige Menge an festen Bestandtheilen; Gehirn und Rückenmark haben beim Hunger im frischen und trockenen Zustande keinen Gewichtsverlust erlitten, selbst der absolute und procentige Gehalt derselben an Lecithin war bei den beiden Thieren nahezu der gleiche.

J. Munk[1]) hat dann unter Anderem über die Ausscheidung der Phosphorsäure und des Kalkes im Harn und Koth eines 17 Kilo schweren, 10 Tage hungernden Hundes, der dabei erhebliche Mengen von Wasser, im Ganzen 3245 ccm, aufnahm, berichtet. Die Phosphorsäure im Harn und Koth verhielt sich zum Stickstoff wie 1:4,13, im Muskelfleisch ist das Verhältniss wie 1:6,8. Die Mehrausscheidung von Kalk im Harn und Koth bei dem zehntägigen Hunger entsprach einem Verlust von 31,5 g frischen Knochen = 1,2 % des Gesammtskeletts, letzteres zu 16 % des Körpergewichts angenommen. Nach den Berechnungen Munk's hätte der Hund unter Berücksichtigung des in dem zersetzten Körperfleisch enthaltenen und des aus der Oxydation des Eiweisses und des Fettes entstehenden Wassers von seinen Organen 214 g Wasser hergegeben und in Folge davon im procentigen Wassergehalte abgenommen.

Es liegen nun weiter von H. Weiske[2]) erneute Versuche an Kaninchen über den Einfluss der Nahrungsentziehung auf das Gewicht und die Zusammensetzung der Organe, insbesondere der Knochen und Zähne, vor. Die Thiere erhielten nach Belieben Wasser zu saufen. Die Knochen wurden zuerst getrocknet

1) Pflüger's Archiv 1894, Bd. 58 S. 319.
2) Zeitschr. f. physiol. Chemie 1896/97, Bd. 22 S. 485.

und dann, was ein grosser Vorzug ist, entfettet. Es wurden folgende Resultate erhalten:

	No. 1 Normal	No. 2 7 Tage	No. 3 10 Tage Hunger	No. 4 11 Tage
Anfängliches Körpergewicht .	2200	2370	2440	2500
Trockenes Skelett	100,4	96,2	101,8	97,1
Trockenes fettfreies Skelett .	88,8	95,6	101,3	96,3
Fett im Skelett	11,6	0,6	0,5	0,8
Wassergehalt der Knochen in %	32,64	41,7	41,7	39,9

Das trockene, nicht entfettete Skelett von Nr. 3 war demnach schwerer wie das des Normalthiers, nur die Skelette von Nr. 2 und Nr. 4 waren etwas leichter wie das des Normalthiers: Nr. 2 um 4,1 % und Nr. 4 um 3,3 %. Jedoch besassen die drei verhungerten Thiere ein schwereres, trockenes und fettfreies Skelett als das Normalthier, so dass man aus diesen Versuchen nicht auf eine Abnahme der Knochen beim Hunger schliessen kann; es sind offenbar die Skelette der vier Thiere von Anfang an sehr verschieden an Gewicht gewesen. Die Organe der drei Hungerthiere waren zumeist procentig etwas reicher an Wasser, z. B. die Muskeln, die Leber, die Nieren; auch die Knochen enthielten procentig mehr Wasser.[1])

Nach Weiske kommt der Verlust des Skeletts beim Hunger zum geringen Theile auf Rechnung der Extremitätenknochen, zum grössten Theile auf Rechnung der übrigen Knochen. Die Analysen der wasser- und fettfreien Knochen ergaben keine bemerkenswerthen Unterschiede an organischer Substanz und an Mineralbestandtheilen. Bei den beiden früheren Versuchen Weiske's war die Abnahme der trockenen und entfetteten Knochen der Kaninchen eine ziemlich bedeutende, 3—12 % nach seiner neueren Angabe, nach seinen früheren Zahlen jedoch 12—17 %; es mag der frühere beträchtlichere Verlust der trockenen

1) Hier hat sich bei Weiske (a. a. O. S. 491) ein Fehler eingeschlichen, denn er gibt für das Skelett den procentigen Trockensubstanzgehalt an, während es thatsächlich der Wassergehalt ist.

und entfetteten Knochen und das unsichere Resultat der neuen Reihe zum Theil damit zusammenhängen, dass die früheren Kaninchen den Hunger 27 und 32 Tage ertrugen, die der späteren Reihe jedoch nur 7—11 Tage.

Endlich sind in neuester Zeit von Bernhard Schöndorff[1]) aus dem Bonner Laboratorium bei Gelegenheit einer Untersuchung über die Wirkung der Thyreoidea auf den Stoffumsatz eines 23 Kilo schweren Hundes auch Mittheilungen über den Wassergehalt der Knochen nach 38tägigem Hunger, bei Aufnahme von beliebig viel Wasser (257 ccm täglich im Durchschnitt) gemacht worden. Da der aus der Stickstoffausscheidung im Harn und Koth berechnete Verlust an stickstoffhaltiger Körpersubstanz (7068 g) nur um 982 g kleiner war als der Gewichtsverlust des Körpers, unterdess aber wesentlich mehr stickstofffreie Substanz oder Fett abgegeben worden sein musste, so schloss er, dass das Thier während des Hungers in seinen Organen (allen oder einzelnen?) besonders in den Knochen, an Stelle des verbrauchten Fettes Wasser zurückbehalten hat und in Folge dessen wasserreicher geworden ist. Das wäre also im Wesentlichen eine absolute Zunahme des Wassers in den fettfrei gedachten Organen, z. B. in den Knochen, absolut mehr, als in den Knochen ursprünglich vorhanden war, durch Aufnahme von Wasser von Aussen bedingt. Bei der Bestimmung des procentigen Wassergehaltes des verhungerten Hundes fand er auch mehr Wasser in den Knochen (54,07 %); auch ein Hund von Schultz[2]), welcher durch unzureichende Nahrung und starke Arbeit am 47. Tage verhungerte, war procentig bedeutend wasserreicher. Wenn Schöndorff unter den Ergebnissen seiner Arbeit unter Nr. 10 aufzählt, dass beim Hunger die Organe (alle oder einzelne?) Wasser aufnehmen und so wasserreicher werden, so gilt dies zwar für viele Fälle, aber nicht für alle. Der häufig grössere procentige Wassergehalt der Organe beim Hunger ist schon durch die früheren Untersuchungen bekannt gewesen.

---

1) Pflüger's Archiv 1897, Bd. 67 S. 395.
2) Pflüger's Archiv 1897, Bg. 66 S. 162.

II. Eigene Versuche.

Ich habe meine Versuche an Katzen ausgeführt, weil ich hoffte, möglichst gleiche Thiere zu erhalten.

Zuerst wurden zwei Katzen, weiblichen Geschlechtes, welche nach glaubwürdiger Angabe des Verkäufers von gleichem Wurfe stammten und 1 Jahr 3 Monate alt waren, die eine *a* im gut genährten, die andere *b* im hungernden Zustande, mit einander verglichen; später wurde noch eine dritte Katze *c* zum Hungern angesetzt.

Es wurde darnach gestrebt, die hungernden Thiere *b* und *c* möglichst lange zu erhalten, um einen grossen Ausschlag, namentlich in der Abnahme der Knochen, zu erzielen.

Es sollte zunächst die Abnahme der wichtigsten frischen und trockenen Organe der Thiere beim Hunger bestimmt werden; bei den Knochen wurde der Gehalt an Wasser, an Fett, an Gesammtasche und an Kalk durch die chemische Analyse ermittelt.

a) Versuchs-Anordnung.

Die beiden Katzen *a* und *b* wurden zuerst vom 28. Mai bis 7. Juni, also während 10 Tagen, mit je 200 g ausgeschnittenem Fleisch gefüttert, wobei beide Thiere etwas an Gewicht zunahmen, die Katze *a* von 2737 g auf 2832 g (= + 95 g), die Katze *b* von 2920 g auf 2987,5 g (= + 67,5 g).

Nachdem am 10. Fütterungstage keine bedeutenderen Gewichtsänderungen mehr auftraten, wurde am 8. Juni der eigentliche Versuch begonnen. Die leichtere Katze *a* wurde am selben Tage durch Chloroform getödtet; sie wog 2832 g und nach Abzug von 14,2 g Koth im Darm und 63,95 g Harn in der Harnblase 2754 g.

Die um 233,5 g schwerere Katze *b* wurde auf Hunger gesetzt; sie wog nach einer durch ein Glycerin-Klystier bewirkten Kothentleerung 2987,5 g; möglicherweise war noch etwas Harn in der Blase, so dass dann die wirkliche Organmasse etwas geringer war.

Das Thier ging am 7. Juli, also nach 28 Tagen, an Inanition zu Grunde; es wog ohne Koth und Harn noch 1470,8 g. Es

hatte daher um 1516,7 g, d. i. um 50,6% des ursprünglichen Körpergewichts abgenommen; auf den Tag trifft eine mittlere Abnahme um 54 g.

Am 7. Juli wurde eine dritte Katze *c*, welche, ebenfalls nach künstlicher Kothentleerung, annähernd das gleiche Gewicht hatte wie die wohlgenährte Katze *b*, nämlich 2969 g, auf Hunger gesetzt; sie war um 215 g schwerer wie die Vergleichskatze *a*. Das hungernde und dürstende Thier lebte noch am 11. August, d. i. nach 35 Hungertagen; da es in sehr elendem Zustande sich befand, wurde es an diesem Tage durch Chloroform getödtet. Es wog, ohne Harn und Koth, noch 1334 g und hatte somit um 1635 g, also um 54,6% seines ursprünglichen Körpergewichtes abgenommen; auf jeden Tag trifft im Mittel ein Gewichtsverlust von 47 g. Von diesem Verluste am Körpergewicht kommen 14,8 g auf den am zweiten Hungertage entleerten Koth und 425,9 g (im Tag durchschnittlich 12 ccm) auf den während der Hungerzeit ausgeschiedenen Harn.

Die Bestimmung der Organgewichte der drei Katzen geschah folgendermaassen. Sofort während der Section wurden die aus den Körperhöhlen herausgenommenen Organe und die Haut gewogen und dann das Gesammtgewicht der Knochen und Muskeln bestimmt. Die Summe der Gewichte der einzelnen Organe und der Knochen und Muskeln war bei den Thieren *a* und *c* etwas geringer als das Gesammtgewicht des Thieres vor der Section, was von der unvermeidlichen Verdunstung von Wasser während der längere Zeit in Anspruch nehmenden Section herrührt. Dieses Deficit durch die Wasserverdunstung betrug bei der Katze *a* — 45 g, bei der Katze *b* + 10 g und bei der Katze *c* — 31 g.

Nun wurden die Knochen sorgfältigst von Muskeln, Sehnen und Periost getrennt; während dieser mehrere Tage in Anspruch nehmenden Arbeit wurden die Theile in einem mit Wasser gesättigten Raume aufbewahrt und schliesslich die reinen frischen Knochen in drei Portionen getheilt:

in die sechs grössten Röhrenknochen: die Femura, Humeri und Tibiae, welchen nach der Wägung im frischen Zustande, also vor der Trocknung, das Mark entnommen wurde = Kn. III;

in die übrigen acht grossen Extremitätsknochen = Kn. II; und in den aus den Schädel-, Rumpf- und Fussknochen bestehenden Rest = Kn. I.

Die einzelnen Organe wurden dann bei 100° vollständig getrocknet; nur die Muskeln und Knochen wurden zuerst im lufttrockenen Zustande gewogen, hierauf pulverisirt und dann in einer Probe der noch vorhandene Wassergehalt festgestellt. Zu den übrigen Analysen der Knochen, nämlich zur Bestimmung des Gehaltes derselben an Fett, an Ossein und Mineralbestandtheilen wurde die lufttrockene Substanz verwendet und auf die trockene Substanz berechnet.

Die Fettbestimmungen geschahen mittelst des Soxhlet'schen Extractions-Apparates.

Zur Bestimmung der organischen und anorganischen Bestandtheile wurden einige Gramm der Substanz in einer Platinschale verascht, mit kohlensaurem Ammoniak versetzt und bei 100° bis zum constanten Gewicht getrocknet.

Die Asche wurde zur Bestimmung des Kalkes in Salzsäure gelöst, die Lösung mit Ammoniak alkalisch gemacht und der entstandene Niederschlag wieder in Essigsäure aufgelöst; der äusserst geringe zurückbleibende Niederschlag aus phosphorsaurem Eisenoxyd wurde abfiltrirt und vernachlässigt. Das Filtrat wurde dann mit oxalsaurem Ammon versetzt, mehrere Stunden erwärmt und der Niederschlag von oxalsaurem Kalk abfiltrirt, getrocknet und dann im Gebläse stark geglüht.

b) Resultate.

In Tabelle Ia sind die absoluten Gewichte der frischen und trockenen Organe der drei Thiere, sowie die absolute Abnahme der frischen und die absolute und relative Abnahme der trockenen Organe enthalten.

(Siehe Tabelle auf S. 16.)

Berücksichtigt man das grössere anfängliche Körpergewicht der beiden hungernden Thiere *b* und *c*, indem man die Organgewichte derselben auf Grund der Werthe der Vergleichskatze *a* proportional zu den anfänglichen Körpergewichten (mit dem Harn

Tabelle Ia. Organgewichte der drei Katzen.

Organe	a) Wohlgenährte Katze			b) 1. Hungerkatze						c) 2. Hungerkatze					
							Abnahme (gegen a)						Abnahme (gegen a)		
	frisch	trocken	Wass.	frisch	trocken	Wass.	der frischen Organe	der Trockensubstanz		frisch	trocken	Wass.	der frischen Organe	der Trockensubstanz	
	g	g	%	g	g	%	g	g	%	g	g	%	g	g	%
Leber u. Gallenblase	113,76	33,45	70,6	41,73	10,08	73,5	72,03	23,37	69,9	49,57	12,37	74,3	64,19	21,08	63,0
Galle	2,70	—	—	1,31	—	—	1,39	—	—	2,90	—	—	(+ 0,20)	—	—
Magen u. Darm	101,77	27,62	72,8	60,38	13,69	77,3	41,39	13,93	50,4	48,09	12,43	73,9	53,68	15,19	55,0
Mesenterium (mit Fett)	55,90	41,00	26,7	6,98	1,41	79,4	48,92	39,59	96,6	12,02	4,90	59,2	43,88	36,10	88,3
Pankreas	7,85	2,90	63,1	3,82	1,88	44,8	4,03	1,02	35,2	3,22	0,92	71,4	4,63	1,98	68,3
Nieren	29,25	6,77	76,6	14,43	3,04	73,4	14,82	3,73	55,1	14,28	3,28	76,7	14,97	3,49	51,5
Harnblase	3,21	0,85	73,7	3,47	0,88	74,4	(+ 0,26)	(+0,03)	(+ 0,7)	1,76	0,69	60,8	1,45	0,16	81,6
Milz	7,05	1,61	77,2	2,75	0,44	84,0	4,30	1,17	73,3	1,69	0,43	74,6	5,36	1,18	74,0
Herz	12,20	3,52	61,1	8,56	1,69	80,0	3,64	1,83	52,0	7,52	2,04	72,8	4,68	1,48	42,1
Aorta	1,20	0,50	58,8	0,98	0,26	73,5	0,22	0,24	52,5	1,45	0,46	68,3	(+ 0,25)	0,04	7,1
Lunge	18,80	4,38	76,7	21,54	3,27	84,9	(+ 2,74)	1,11	25,3	12,19	2,97	75,6	6,61	1,41	32,2
Trachea u. Oesophagus	4,90	1,59	65,6	4,23	1,31	69,0	0,67	0,28	17,3	5,57	1,56	71,8	(+ 0,67)	0,03	1,6
Gehirn	21,92	5,02	77,1	28,64	5,83	79,6	(+ 6,72)	(+0,81)	(+16,1)	25,10	5,52	78,0	(+ 3,18)	(+0,50)	(+10,0)
Rückenmark	9,20	2,88	68,7	10,03	2,64	73,9	(+ 0,83)	0,24	16,7	13,18	2,55	86,0	(+ 3,98)	0,33	11,5
Centralnervensystem	31,12	7,90	74,6	38,67	8,47	78,1	(+ 7,55)	(+0,57)	(+ 7,2)	38,28	8,07	78,9	(+ 7,16)	(+0,17)	(+2,1)
Augen	10,90	1,38	87,3	8,79	1,19	76,5	2,11	0,19	13,8	9,10	1,33	85,4	1,80	0,05	3,6
Fell u. Krallen	403,20	189,50	53,0	272,20	136,80	49,7	131,00	52,70	27,8	208,80	110,70	46,8	194,40	78,80	41,6
Muskeln	1573,55	427,20	72,9	705,06	137,80	80,5	868,49	289,40	67,7	616,85	154,70	74,9	956,70	272,50	63,8
Knochen	277,48	187,56	32,4	284,24	161,18	43,3	(+ 6,76)	26,38	14,1	241,63	148,52	38,5	35,85	39,04	20,1
Blut (gesamlt.)	54,30	10,94	79,8	1,50	(0,30)	79,8	52,80	10,64	—	27,90	5,62	79,8	26,40	5,32	—
Verlust durch Verdunsten	44,86	—	—	+10,85	—	—	—	—	—	31,18	—	—	—	—	—
Zusammen	2754,00	948,67	65,5	1469,79	483,69	67,1	1284,21	464,98	49,0	1334,00	470,99	64,7	1420,00	477,68	50,4

in der Harnblase) der hungernden Katzen berechnet (für Katze *b* 2818 dividirt durch 2987,5 = Reductionsfactor 0,9432; und für Katze *c* 2818 dividirt durch 2926 = Reductionsfactor 0,9629), so ergeben sich für die trockenen Organe die Werthe der Tabelle Ib.

Tabelle Ib.

Vergleichung der Gewichte der trockenen Organe auf gleiches Körpergewicht gerechnet.

Organe	Katze *a*	b) 1. Hungerkatze			c) 2. Hungerkatze		
	Trockengewicht	Trockengewicht	Abnahme in g	Abnahme %	Trockengewicht	Abnahme in g	Abnahme %
Leber und Gallenblase	33,45	9,50	23,95	71,6	11,91	21,54	64,4
Magen und Darm	27,62	12,91	14,71	53,3	11,97	15,65	56,7
Mesenterium (mit Fett)	41,00	1,33	39,67	96,8	4,72	36,28	88,5
Pankreas	2,90	1,77	1,13	39,0	0,89	2,01	69,3
Nieren	6,77	2,87	3,90	57,6	3,16	3,61	53,3
Harnblase	0,85	0,83	0,02	2,4	0,66	0,19	22,4
Milz	1,61	0,42	1,19	73,9	0,41	1,20	74,5
Herz	3,52	1,59	1,93	54,8	1,96	1,56	44,3
Aorta	0,50	0,25	0,25	50,0	0,44	0,06	12,0
Lunge	4,38	3,08	1,30	29,7	2,86	1,52	34,7
Trachea und Oesophagus	1,59	1,24	0,35	22,0	1,50	0,09	5,7
Gehirn	5,02	5,50	+0,48	+9,6	5,32	+0,30	+6,0
Rückenmark	2,88	2,49	0,39	13,5	2,46	0,42	14,6
Centralnervensystem	7,90	7,99	+0,09	+1,14	7,77	0,13	1,6
Augen	1,38	1,12	0,26	18,8	1,28	0,10	7,2
Fell u. Krallen	189,50	129,00	60,50	31,9	106,50	83,00	43,8
Muskeln	427,20	130,00	297,20	69,6	148,90	278,30	65,1
Knochen	187,56	152,00	35,56	19,0	143,00	44,56	23,8
Blut (gesammelt)	10,94	0,28	10,66	—	5,41	5,53	—
Zusammen	948,67	456,18	492,49	51,9	453,35	495,32	52,2

In Tabelle Ic ist der procentische Antheil der einzelnen Organe an dem gesammten Trockenverlust des Körpers zusammengestellt.

Tabelle Ic.

Von 100 g Abnahme der Trockensubstanz des ganzen Thieres treffen in Gramm auf (nicht auf gleiches Körpergewicht gerechnet):

	Katze *b*	Katze *c*
Muskulatur	62,23	57,06
Fell	11,33	16,50
Mesenterium (mit Fett) .	8,51	7,56
Knochen	5,67	8,17
Leber	5,03	4,41
Darm	3,00	3,18
Nieren	0,80	0,73
Pankreas	0,22	0,41
Herz	0,39	0,31
Lunge	0,24	0,30
Milz	0,25	0,25
Gehirn	+ 0,17	+ 0,10
Rückenmark	0,05	0,07
Centralnervensystem . .	+ 0,12	+ 0,03
Harnblase, Aorta, Trachea, Augen	0,16	0,06
Blut (gesammelt) . . .	2,29	1,11
Zusammen	100,00	100,02

Die erhaltenen Werthe stehen im Wesentlichen im Einklang mit C. Voit's früheren Resultaten an der Katze.

Die beiden Hungerkatzen verloren während des Hungers 52 % ihres ursprünglichen Trockengewichtes. Am meisten büssen an Trockensubstanz ein das Mesenterium mit dem Fettgewebe, ferner die blutreichen Organe: die Leber, die Milz, die Muskeln, dann die Nieren, das Herz, die Lungen, die Knochen und am wenigsten das Gehirn und Rückenmark. An 100 g Abnahme der Trockensubstanz des ganzen Thieres betheiligen sich weitaus am meisten (mit 57 bis 62 %) die Muskeln.

Insbesondere ergibt sich in der Frage des Grades der Abnahme des Centralnervensystems eine Bestätigung von Voit's Angaben. Derselbe hatte an der Katze eine Abnahme des frischen Organs um 3 % und gar keine Abnahme des trockenen Organs gefunden; bei seinen beiden Hunden war ebenfalls

keine Abnahme nachzuweisen. Nach Chossat nahm das Gehirn und Rückenmark der hungernden Tauben im frischen Zustande um 1% im trockenen Zustande um 9% ab; ebenso fand Bibra bei Kaninchen keinen wesentlichen Unterschied im Gewichte des Gehirns, auch nicht im Wasser- und Fettgehalte desselben. Nur die beiden Dorpater Forscher hatten aus den vorher angegebenen Gründen eine scheinbare Abnahme der Trockensubstanz des Gehirns und Rückenmarks bei hungernden Katzen (um 33%) erhalten.

Bei meinen beiden Hungerkatzen war das gesammte Centralnervensystem etwas schwerer als das des Vergleichsthieres, welches mit der hungernden Katze *b* gleiches Alter hatte. Erst bei Berücksichtigung des Körpergewichts ergibt sich für die Hungerkatze *b* eine geringe Zunahme der Trockensubstanz von 0,09 g = 1,14% und für die Hungerkatze *c* eine geringe Abnahme von 0,13 g = 1,6%. Dieser Gesammtverlust betrifft jedoch nicht das Gehirn, welches noch schwerer war als das der Vergleichskatze, sondern nur das Rückenmark, welches um 14—15% seiner Trockensubstanz abnimmt. Genau dasselbe war von Chossat an Tauben beobachtet worden; das frische Gehirn war im Mittel um 0,9% schwerer, aber das Rückenmark hatte um 7,2% abgenommen; leider hat er die Trockengewichte des Gehirns und des Rückenmarks einzeln nicht angegeben, sondern nur die Summe der beiden. Wie sich die geringe Abnahme des Gehirns beim Hunger erklärt, darüber hat sich C. Voit (Stoffwechsel S. 98) eingehend ausgesprochen; es wird als noch intensiv thätiges Organ auf Kosten der übrigen Organe ernährt. Das Rückenmark nimmt an Trockensubstanz etwas ab, offenbar da es weniger thätig ist wie das Gehirn, vor Allem in Folge der geringen Muskelbewegungen der Extremitäten.

In ähnlicher Weise, wie das Centralnervensystem, zeigt auch das Herz einen verhältnissmässig geringen Verlust von 42—52% der Trockensubstanz, während die übrige Muskulatur 64—68% Abnahme aufweist. Dies ist in Uebereinstimmung mit Chossat, der bei Tauben einen Verlust des Herzens von 45% angibt. Früher fand C. Voit bei der Katze nur einen Verlust des

Herzens von 3%. Dies rührt wohl davon her, dass die frühere Katze nur während 13 Tagen hungerte, die meinigen jedoch während 28 und 35 Tagen; in der ersten Hungerzeit, wo das Herz noch thätiger ist, nimmt es weniger ab und erst später, wenn die Herzarbeit in Folge der geringeren Blutmenge geringer geworden ist, tritt die grössere Abnahme ein.

Bemerkenswerth ist noch der procentige Wassergehalt der Organe des nicht hungernden und der beiden hungernden Thiere.

Das ganze Thier enthielt bei der wohlgenährten Vergleichskatze *a* 65% Wasser, bei der Hungerkatze *b* 67%, bei der Hungerkatze *c* 65%. Die blutreichen Organe sind zumeist etwas reicher an Wasser geworden.

Bei der Katze *b* findet sich (mit Ausnahme der Nieren, des Pankreas und des Felles) durchgängig ein etwas höherer procentiger Wassergehalt als bei der wohlgenährten Katze, während bei der Katze *c*[1]) derselbe nur bei Herz, Pankreas, Leber, Centralnervensystem, Mesenterium, Knochen und Muskeln nachweisbar ist.

Dieser etwas grössere, procentige Wasserreichthum der meisten Organe hungernder Thiere geht auch aus den früheren, in der Einleitung aufgezählten Versuchen hervor. Bei Chossat enthielten die Knochen der Hungertauben, das Gehirn und Rückenmark und das Fettgewebe weniger Trockensubstanz und mehr Wasser. C. Voit fand bei der Katze eine procentige Wasserzunahme der Leber und der Muskeln um 2%, und beim Hunde eine solche der Knochen um 5%.

Auch nach Weiske enthielten die Organe der Hunger-Kaninchen (auch die Knochen) zumeist procentig etwas mehr Wasser. Ebenso wird bei Schöndorff ein grösserer absoluter und relativer Wassergehalt der Knochen des hungernden Hundes angegeben. Nur bei den Versuchen von Bidder und Schmidt an der Katze fanden sich aus dem vorher angegebenen Grunde

1) Dass der Wassergehalt der Organe bei der 2. Hungerkatze *c* geringer als bei *b* ist, erklärt sich vielleicht aus der längeren Dauer des Hungerns und der wärmeren Jahreszeit, in welche die Hungerperiode bei der Katze *c* fiel.

die Organe des Hungerthiers, namentlich die Knochen, wesentlich ärmer an Wasser.

Es ist ja selbstverständlich, dass sich der procentige Wassergehalt der Organe hungernder Thiere, je nach den Umständen, verschieden gestalten wird. Das mit dem zerstörten Eiweiss und Fett in den Organen innig verbundene Wasser ist in der Regel unbrauchbar und überschüssig und wird daher aus dem Körper ausgeschieden; es reicht in manchen Fällen, selbst wenn das Thier kein Wasser aufnimmt, hin, den Bedarf zu decken, so dass der Körper dabei wohl seinen absoluten, aber nicht seinen procentigen Wassergehalt ändert. In gewissen Fällen wird jedoch durch die Zersetzung mehr Wasser frei, als zur Ausscheidung gelangt, dann wird der ganze Körper oder einzelne Organe procentig reicher an Wasser. Oder es wird, was sehr häufig vorkommt, das in den Organen abgelagerte Fett zerstört und so das Organ relativ reicher an Wasser; dies ist namentlich von L. Pfeiffer (Zeitschrift für Biologie 1887, Bd. 23, S. 373) nachgewiesen worden, wovon nachher bei Betrachtung der Veränderungen der Knochen noch weiter die Rede sein wird. Wieder in anderen Fällen wird vom Körper, z. B. in warmer oder stark bewegter Luft, mehr Wasser abgegeben als durch die Zersetzungen frei wird, dann muss der Wassergehalt der Organe relativ geringer werden; einen Vorgang der Art hat J. Munk aus seinen Versuchen am hungernden Hunde berechnet.

Man muss jedoch sehr wohl unterscheiden zwischen dieser procentigen relativen Aenderung des Wassergehaltes und der absoluten Aenderung desselben. Wenn das Thier kein Wasser aufnimmt, so ist es trotz des procentig grösseren Wassergehaltes der Organe unmöglich, dass die absolute Menge des Wassers im ganzen Körper eine grössere wird; selbstverständlich muss ohne Aufnahme von Wasser der ganze Körper bei dem Hunger absolut immer an Wasser verlieren, mag der Procentgehalt an Wasser gleich bleiben oder grösser oder kleiner werden. Aber einzelne Organe, z. B. die Knochen, können absolut reicher an Wasser werden, wenn das bei der Zersetzung anderer Organe frei werdende oder aus der Verbrennung von Wasserstoff erzeugte Wasser in die

Knochen hineingeht. Schöndorff berechnete, wie vorher schon angegeben wurde, sein Hund habe während des Hungers in seinen Organen (allen oder einzelnen?) an Stelle des Fettes Wasser zurückbehalten und sei in Folge dessen wasserreicher geworden, also absolut und nicht nur relativ durch den Verlust von Fett. Der hungernde Hund von C. Voit[1]), der 30 Kilo wog und nur sehr wenig Wasser aufnahm (13, 125, 123, 25, 15 ccm) gab an 5 Hungertagen stets, ausser dem im zersetzten Fleisch enthaltenen und entstandenen Wasser, noch Wasser von seinem Körper ab und zwar 218, 118, 9, 180 und 83 g. Im Mittel nahm der Hund an den fünf Hungertagen 301 g Wasser auf und gab 608 g Wasser von seinem Körper ab; im Mittel nahm er demnach täglich 60 g Wasser auf und gab 121 g Wasser ab; diese Abgabe ändert aber den Wassergehalt des Körpers nur wenig, denn im ganzen Thier befinden sich (bei 65 %) 19,5 kg Wasser, so dass im Tag nur 0,6 % des im Körper befindlichen Wassers zu Verlust gingen. In einem Falle, wo das Thier am zweiten Hungertage 341 g Fleisch mit 259 g Wasser zersetzte, reichte diese Wassermenge fast ganz hin, die Abgabe von Wasser zu decken, so dass hierbei nur 9 g Wasser vom Körper zugeschossen wurden.

Etwas Anderes ist es mit der relativen oder procentigen Zunahme des Wassergehaltes der Organe. Dies kann in zweierlei Weise eintreten. Entweder dadurch, dass das Fett der Organe beim Hunger zu Grunde geht, z. B. das der Knochen, wodurch bei völlig unverändertem absoluten Wassergehalt des Organs der procentige Wassergehalt grösser werden muss; oder dadurch, dass man 100 g des ursprünglichen entfetteten Organs mit 100 g des entfetteten Organs nach dem Hunger vergleicht, woraus man allein sicher entscheiden kann, ob in dem gleichen Gewicht der Organe der procentige Gehalt an Wasser gleich geblieben ist oder durch Einwanderung und Zurückhaltung an Wasser zugenommen oder durch Abgabe an Wasser abgenommen hat. Es kann z. B. etwas Wasser aus dem fetthaltigen Organ beim Hunger ausgetreten sein, aber zu gleicher Zeit durch die Zer-

1) Zeitschr. f. Biol. 1869, Bd. 5 S. 372.

störung von Fett der relative Wassergehalt zunehmen und den Wasserverlust überbieten.

Ich komme nun zu meinem Hauptthema, der Frage, wie die Knochen sich beim Hunger verhalten.

Da die Knochen des hungernden Säugethiers häufig wasserreicher werden, so wäre, wenn es sich dabei nicht nur um eine procentige Wasserzunahme handelt, eine Zunahme des Gewichts der frischen Knochen beim Hunger immerhin möglich; dies fand vielleicht statt bei meiner Hungerkatze *b*, deren Knochen etwas schwerer waren als die der Normalkatze *a*.

Die Knochen der hungernden Thiere waren beträchtlich reicher an Wasser als die des Vergleichsthieres; die Knochen der Katze *a* enthielten nur 32,4% Wasser, die der Katze *b* 43,3% und die der Katze *c* 38,5% (Tabelle I a.).

Die Trockensubstanz der Knochen nahm beim Hunger bedeutend ab; der Verlust betrug:

bei Katze *b*: 26,4 g = 14,1%
bei Katze *c*: 39,0 g = 20,8%,

bei Berechnung auf gleiches Körpergewicht sogar 19%, bezw. 23,8%.

Die frischen Knochen der wohlgenährten Katze machen 10% des Körpergewichts aus, die der verhungerten Katzen *b* und *c* jedoch 19 und 18%, da die Knochen bei dem Hunger weniger abnehmen als die übrigen Organe.

Die Abnahme der festen Bestandtheile lässt sich an jedem einzelnen grösseren Knochen nachweisen und betrifft nicht ausschliesslich das Mark, wie die Gewichtsverluste der sechs grössten Röhrenknochen beweisen, denen vor der Trocknung das Mark entnommen wurde.

Die bezüglichen Zahlen finden sich auf den Tabellen II (a, b und c) zusammengestellt:

Tabelle II a weist die Gewichte der einzelnen Knochen in frischem und getrocknetem Zustande, sowie deren absolute Abnahme auf.

Tabelle IIa. Gewichte der frischen und trockenen Knochen.

Namen der Knochen	a) Wohlgenährte Katze				b) Hungerkatze						c) Hungerkatze					
	frisch		trocken		frisch		trocken		Abnahme		frisch		trocken		Abnahme	
	einzeln	Mittel	einzeln	Mittel	einzeln	Mittel	einzeln	Mittel	frisch	trock.	einzeln	Mittel	einzeln	Mittel	frisch	trock.
Kn. I (Rumpfkn.)	183,70	—	117,00	—	192,30	—	108,00	—	+8,60	9,00	157,70	—	95,48	—	26,00	21,52
Kn. II Scapulae	5,29 5,26	5,28	3,49 3,63	3,56	5,85 5,64	5,75	3,52 3,53	3,53	+0,47	0,03	4,53 4,51	4,52	einzeln		0,76	
Ulnae	4,59 4,39	4,49	3,50 3,42	3,46	4,22 4,24	4,23	2,88 2,92	2,90	0,26	0,56	4,08 4,20	4,14			0,35	
Radii	3,62 3,61	3,62	2,81 2,80	2,81	3,33 3,28	3,31	2,24 2,20	2,22	0,31	0,59	3,00 3,07	3,04	nicht		0,58	
Fibulae	1,21 1,14	1,18	0,90 0,88	0,89	1,09 1,09	1,09	0,74 0,75	0,74	0,09	0,15	1,06 1,06	1,06	gewogen		0,12	
Summe	29,11		21,42		28,74		18,78		0,37	2,64	25,51		17,66		3,60	3,76
Kn. III Femura	12,08 (10,14)	11,97	7,70	7,53	11,33 (9,50)	11,49	5,57	5,61	0,48	1,93	10,90 (9,19)	10,70	5,83	5,79	1,27	1,74
	11,86 (9,52)	(9,83)	7,36		11,64 (10,01)	(9,76)	5,64		(0,07)		10,50 (9,51)	(9,35)	5,74		(0,48)	
Tibiae	10,31 (8,41)	10,26	6,65	6,77	10,35 (9,21)	10,23	5,76	5,66	0,03	1,11	9,52 (8,50)	9,59	5,67	5,64	0,67	1,13
	10,20 (8,56)	(8,49)	6,88		10,10 (8,69)	(8,95)	5,57		(0,46)		9,66 (8,44)	(8,47)	5,61		(0,02)	
Humeri	10,12 (8,89)	10,11	6,75	6,73	9,95 (8,74)	9,89	5,24	5,22	0,22	1,51	9,10 (7,99)	8,92	5,10	4,97	1,19	1,76
	10,10 (8,78)	(8,83)	6,70		9,83 (8,90)	(8,82)	5,19		(0,01)		8,74 (7,45)	(7,72)	4,84		(1,11)	
Mark	8,18		5,60		5,51		0,97				6,21		2,19			
(Verlust)	2,19		1,50		2,64		0,46		2,22	5,67	1,13		0,40		3,03	4,51
Summe	64,67		49,14		63,20		34,40		1,47	14,74	58,42		35,38		6,25	13,76
Alle Knochen zus.	277,48		187,56		284,24		161,18		+6,76	26,38	241,63		148,52		35,85	39,04

Tabelle II b und c enthalten die Werthe der absoluten und procentigen Gewichtsverluste der einzelnen trockenen Knochenpartieen: II b ohne, II c mit Berücksichtigung des Körpergewichts.

Tabelle II b.

Abnahme der trockenen Knochen

	Wohlgenährte Katze *a*	Hungerkatze *b*	Abnahme in g	Abnahme %	Hungerkatze *c*	Abnahme in g	Abnahme %
Knochen I	117,00	108,00	9,00	7,69	95,48	21,52	18,40
» II	21,42	18,78	2,64	12,32	17,66	3,76	17,56
» III	42,04	32,97	9,07	27,52	32,79	9,25	22,01
Mark (mit Verlust)	7,10	1,43	5,67	79,86	2,59	4,51	63,52
Zusammen	187,56	161,18	26,38	14,07	148,52	39,04	20,82
Extremitäten allein	70,56	53,18	17,38	24,62	53,04	17,52	24,82

Tabelle II c.

Abnahme der trockenen Knochen auf gleiches Körpergewicht gerechnet.

Katze *a* Gewicht 2818 g (Koth abgezogen)
» *b* » 2987,5 »
» *c* » 2926 »

Reductionsfactor für Katze *b* 0,9432 (2818/2987,5)
» » » *c* 0,9629 (2818/2926).

	Katze *a*	Hungerkatze *b*	Abnahme in g	Abnahme %	Hungerkatze *c*	Abnahme in g	Abnahme %
Knochen I	117,00	101,90	15,10	12,9	91,94	25,06	21,4
» II	21,42	17,71	3,71	17,3	17,00	4,42	20,6
» III	42,04	31,10	10,94	26,0	31,57	10,47	24,9
Mark (m. Verlust)	7,10	1,35	5,75	81,0	2,49	4,61	64,3
Zusammen	187,56	152,00	35,50	19,0	143,00	44,56	23,8
Extremitäten	70,56	50,16	20,40	28,9	51,06	19,50	27,64

Sämmtliche Knochenpartieen zeigen darnach eine absolute Abnahme ihrer festen Bestandtheile. Den relativ grössten procentigen Verlust weisen die trockenen Extremitätenknochen auf (24,6 und 28,9%, bezw. 24,8 und 27,6%), während die trockenen Knochen I des Rumpfes und Kopfes nur um 7,7 und 12,9%, resp. um 18,4 und 21,4% ihres ursprünglichen Gewichtes abnehmen.

Aus der Abnahme von Portion II und III ist ersichtlich, dass gerade die massigeren Knochen auch relativ mehr feste Bestandtheile einbüssen als die kleineren (II = 12,32%, III = 27,52% bei Katze *b*, II = 17,56%, III = 22,01% bei Katze *c*. Dagegen betheiligen sich an dem absoluten Verluste die Extremitätenknochen der längere Zeit hungernden Katze *c* in geringerem Grade als die übrigen Knochen; das Gleiche hat schon Weiske für das Kaninchen angegeben. Bei einer mit kalkarmem Futter gefütterten Taube hat Prof. C. Voit (Stoffwechsel S. 379) nach 14 Monaten an den Extremitätenknochen nur eine sehr geringe Gewichtsabnahme gefunden, jedoch waren das Brustbein, die Schädelknochen etc. zu dünnen, siebartigen Plättchen geworden. Dies scheint in Widerspruch zu stehen mit dem grösseren, procentigen Verlust der Extremitätenknochen bei dem Hunger; aber bei letzterem sind die Verhältnisse anders wie bei kalkarmem Futter; bei dem Hunger wird zunächst die organisirte Substanz des Knochens zerstört und dann der Kalk überflüssig und ausgeschieden; bei kalkarmem Futter bleibt das Osseïn intakt und es nimmt nur das Kalkphosphat ab; das letztere dient aber zum Theil wieder dazu, den Kalkverlust der stärker benutzten Extremitätenknochen zu ergänzen.

Ich hatte nun noch zu entscheiden, in was dieser Verlust, der Knochen an festen Theilen beim Hunger besteht, und wie weit dabei die organische Grundlage des Knochens und die anorganischen Bestandtheile und das Fett desselben betheiligt sind.

Zu diesem Zwecke habe ich die einzelnen Portionen der trockenen Knochen analysirt, d. h. deren Gehalt an Fett, dann an organischer Substanz (Osseïn) und an Asche, sowie an Kalk bestimmt.

Die Resultate dieser Analysen sind auf den Tabellen III zusammengestellt: Tabelle III a zeigt die relative Zusammensetzung der trockenen Knochen; Tabelle III b dieselbe, auf den fettfreien Knochen berechnet; Tabelle III c endlich enthält die absoluten Gewichte, sowie die Abnahme der einzelnen Bestandtheile der Knochen.

Tabelle III a und b.

Knochenanalysen.

Tabelle III a. Tabelle III b.

	In 100 g trockenem Knochen				In 100 g fettfreiem trockenem Knochen		
	Stoffe	a) Wohlgenährte Katze	b) Hungerkatze	c) Hungerkatze	a) Normalkatze	Hungerkatze *b*	Hungerkatze *c*
Kn. I	Fett	10,50	2,96	4,92	—	—	—
	Asche	49,97	54,89	54,33	55,88	56,59	57,28
	Osseïn	39,53	42,15	40,75	44,12	43,41	42,72
	CaO	25,36	28,52	28,52	28,35	29,41	30,07
» II	Fett	7,96	1,32	2,46	—	—	—
	Asche	59,32	58,76	60,51	64,48	59,57	62,03
	Osseïn	32,72	39,92	37,03	35,52	40,43	37,97
	CaO	31,12	31,99	31,84	33,83	32,43	32,63
» III	Fett	11,96	0,97	3,03	—	—	—
	Asche	57,97	63,13	60,40	65,85	63,74	62,29
	Osseïn	30,07	35,90	36,57	34,15	36,26	37,71
	CaO	30,19	33,41	32,03	34,30	33,74	33,02
Mark v. Kn. III	Fett	63,77	—	—	—	—	—
Alle Kn.	Fett	12,56	2,34	4,11	—	—	—
	Asche	50,95	56,55	55,46	58,27	57,90	57,84
	Osseïn	35,17	40,22	38,68	40,16	41,18	40,34
	CaO	26,14	29,68	29,20	29,90	30,39	30,45

(Siehe Tabelle III c auf S. 28.)

Es ergibt sich zunächst das auffallende Resultat, dass ein beträchtlicher Theil der Abnahme der Trockensubstanz der Knochen beim Hunger durch einen Verlust von Fett hervorgerufen ist.

Tabelle IIIc.

Resultate der Knochenanalysen in absoluten Mengen.

	Stoffe	a) Wohlgenährte Katze	b) Hungerkatze	Abnahme	c) Hungerkatze	Abnahme
Kn. I	Trockensubstz.	117,00	103,00	9,00	95,48	21,52
	Fett	12,29	3,20	9,09	4,69	7,60
	Asche . . .	58,49	59,30	(+0,81)	51,87	6,62
	Osseïn . . .	46,22	45,50	0,72	38,92	7,30
	CaO	29,68	30,81	(+1,13)	27,24	2,44
» II	Trockensubstz.	21,42	18,78	2,64	17,66	3,76
	Fett	1,71	0,25	1,46	0,43	1,28
	Asche . . .	12,71	11,04	1,67	10,69	2,02
	Osseïn . . .	7,00	7,49	(+0,49)	6,54	0,46
	CaO	6,67	6,01	0,66	5,62	1,05
» III	Trockensubstz.	42,04	32,97	9,07	32,79	9,25
	Fett	5,03	0,32	4,71	0,99	4,04
	Asche . . .	24,36	20,81	3,55	19,81	4,55
	Osseïn . . .	12,65	11,84	0,81	11,99	0,66
	CaO	12,69	11,02	1,67	10,50	2,19
Mark v. Kn. III	Trockensubstz.	7,10	1,43	5,67	2,59	4,51
	Fett	4,53	—	4,53	—	4,53
Summe	Trockensubstz.	187,56	161,18	26,38	148,52	39,04
	Fett	23,56	3,77	19,79	6,11	17,45
	Asche . . .	95,56	91,15	4,41	82,37	13,19
	Osseïn . . .	65,87	64,83	1,04	57,45	8,42
	CaO	49,04	47,84	1,20	43,36	5,68

Die Trockensubstanz nahm (nach Tabelle III c) bei der Katze *b* um 26,4, bei der Katze *c* um 39,0 g ab, und davon trafen auf Fett bei der Katze *b* 19,8 g, bei der Katze *c* 17,5 g. Daraus berechnet sich, dass von 100 g fettfreien, trockenen Knochen beim Hunger zu Verlust gegangen sind:

	Katze *b*	Katze *c*
Trockensubstanz . .	4,03	13,20
Asche	2,70	8,07
Osseïn	0,64	5,15
Kalk	0,73	3,47

Die Abnahme der fettfreien Knochen an den einzelnen Bestandtheilen, besonders bei der Katze *b*, ist demnach eine geringe; das Ossëin hat etwas weniger eingebüsst als die Asche, es ist also der Knochen der hungernden Thiere etwas ärmer an Asche geworden.

Es haben verloren in %

	Katze *b*	Katze *c*
	%	%
100 g Trockensubstanz .	14,07	20,82
» Fett	84,00	74,06
» Asche	4,62	13,80
» Ossëin	1,58	12,78
» Kalk	2,45	11,58

Bei den Untersuchungen von Chossat an Tauben, sowie bei denen von C. Voit an der Katze, war nicht entschieden worden, ob die Abnahme an Trockensubstanz das Ossëin und die Mineralbestandtheile oder nur das Fett betraf; nur bei Weiske's Versuchen an Kaninchen war das Gewicht der trockenen entfetteten Knochen bestimmt worden. Es ist durch meine Versuche, namentlich durch die an der längere Zeit hungernden Katze, mit Sicherheit dargethan, dass der Verlust der Knochen beim Hunger zum grossen Theil das Fett betrifft, zum kleinen Theil auch das Ossëin und die Kalksalze.

Da das Fett der Knochen, namentlich des Markes, in so grossem Maasse an dem Verluste betheiligt ist, so muss der Knochen beim Weggang des Fettes verhältnissmässig reicher an Wasser werden, und es braucht der grössere procentige Wassergehalt der Knochen der hungernden Thiere nicht auf einer absoluten Zunahme oder Einwanderung des Wassers zu beruhen[1]). Es lässt sich

1) L. Pfeiffer (Zeitschr. f. Biol. 1887, Bd. 23 S. 373) hat über die Abnahme des procentigen Wassergehaltes in fetten Organen genauere Untersuchungen und Betrachtungen angestellt; er that dar, dass es sich dabei im Wesentlichen nicht um eine absolute Wasserabnahme oder eine Verdrängung von Wasser durch die Fettablagerung handelt, sondern nur um eine relative Abnahme von Wasser, denn die Organe ergeben nach Abzug des Fettes meist einen normalen procentigen Wassergehalt, eher eine geringe Zunahme

jedoch nachweisen, dass der Verlust des Fettes aus den Knochen nicht genügt, den relativ höheren Gehalt des hungernden Knochens an Wasser zu erklären. Der Wassergehalt aller Knochen betrug (nach Tabelle Ia) bei der Vergleichskatze *a* 32,4%, der der Hungerkatze *b* 43,3% und der der Hungerkatze *c* 38,5%; der Verlust von 19,8 g Fett der Knochen der Katze *b* hätte den procentigen Wassergehalt nur auf 34,90%, der Verlust von 17,5 g Fett der Knochen der Katze *c* nur auf 34,59% erhöht. Berücksichtigt man die ganze Abnahme an Trockensubstanz mit Fett und zwar bei der Katze *b* von 26,4 g und bei der Katze *c* von 39,04 g, dann kommt man bei der Katze *b* auf einen relativen Wassergehalt von 35,8% und bei der Katze *c* von 37,7%. Man kann daher sagen, dass durch den Verlust der ganzen Trockensubstanz der Knochen relativ reicher an Wasser wird, d. h., dass bei dem Verlust des Knochens an Trockensubstanz das damit vorher verbundene Wasser im Knochen zurückbleibt. Es muss aber ausserdem noch eine geringe Einwanderung von Wasser in die Knochen von Aussen stattgefunden haben; denn bei der Katze *c* berechnen sich nur 37,7% Wasser statt 38,5% und bei der Katze *b* nur 35,8% Wasser statt 43,24%.

Das Gleiche geht auch hervor aus den Zahlen der Tabelle Ia, wonach die frischen Knochen der Katze *b* beim Hunger um 6,76 g zugenommen, die trockenen Knochen aber um 26,38 g abgenommen haben, so dass also eine Wassereinwanderung in die Knochen von 33,13 g stattgefunden haben muss; die frischen Knochen der Katze *c* nahmen um 35,85 g ab, die trockenen Knochen um 39,04 g, so dass die Wassereinwanderung hier nur 3,19 g betrug.

desselben; bei den Knochen zeigte sich keine solche Wasseraufnahme. Ebenso hat schon früher Ohlmüller (Zeitschr. f. Biol. 1882 Bd. 18 S. 92) sich dahin ausgesprochen, dass die Einlagerung von Fett zum grössten Theile nur relativ die Menge des Wassers erniedrigt und eine Verdrängung des Wassers höchstens nur in extremen Fällen vorkommt. Die gleiche Ansicht äusserte auch Rud. v. Hösslin in seiner Dissertation: Ueber den Wasser- und Fettgehalt der Organe bei verschiedenen pathologischen Zuständen (München 1881, S. 3 u. 4). Ebenso äusserte sich C. Voit (Zeitschr. f. Biol. 1894 Bd. 30 S. 522) und neuerdings M. Rubner (siehe Nothwang, Archiv f. Hygiene 1892 Bd. 14 S. 279.

Analog der Abnahme der festen Bestandtheile zeigte sich auch hier, bei der Prüfung des Kalkverlustes, dass die grossen Röhrenknochen bei gleichem Gewichte am meisten Kalk verlieren; denn bei der Katze *b* nehmen 100 g trockene, fettfreie Knochen der Portion II 3,6 g an Kalk ab, der Portion III 5,1 g; bei der Katze *c* der Portion I 2,7 g, der Portion II 6,1 g und der Portion III 6,9 g.

In Bezug auf die Knochen haben meine Versuche folgende Thatsachen ergeben:

1. Die Knochen werden beim Hunger in der Mehrzahl der Fälle procentig wasserreicher;
2. dagegen nimmt ihre Trockensubstanz absolut und procentig ab;
3. die Röhrenknochen der Extremitäten stärker, als die übrigen Knochen;
4. der Verlust der Knochen an Trockensubstanz besteht zum grössten Theil aus Fett;
5. sämmtliche wesentliche Bestandtheile der Knochen nehmen an der Abnahme theil: Die organische Grundsubstanz so gut wie der phosphorsaure Kalk;
6. bei längerer Dauer des Hungers ist die Abnahme der Knochen eine grössere.

Man kann nun noch einen zweiten Weg einschlagen, um über den Verlust von Knochensubstanz beim Hunger Aufschluss zu erhalten, nämlich durch die Ausscheidung von Phosphorsäure und Kalk im Harn und Koth, wie es namentlich von J. Munk beim Menschen und Hund geschehen ist.

Dieses Verfahren sollte bei der Hungerkatze *c* angewendet werden, jedoch ging dabei die Kalkbestimmung im Koth leider verloren und es war daher nur möglich, den Kalk des Harns zu wägen. Der während der Hungerperiode gelassene Harn (425,9 ccm) wurde gesammelt und jede Portion in zwei gleiche Hälften getheilt, deren erste Hälfte mit Schwefelsäure zur Untersuchung auf Stickstoff nach Kjedahl, und deren zweite Hälfte mit Salzsäure zur Untersuchung auf Kalk versetzt wurde. Im Harn

waren während der ganzen Hungerzeit 31,97 g Stickstoff enthalten, was 939,7 g frischem oder 226,5 g trockenem Fleisch entspricht. An Kalk fand sich im Harn nur ausserordentlich wenig, höchstens 5 mg.

Um nun über den Kalkgehalt des Hungerkothes Aufschluss zu erhalten, wurde eine vierte Katze *d* auf Hunger gesetzt. Dieselbe wog am 23. November 3368 g und am 29. December, also nach 36 Hungertagen, nur mehr 1604 g. Das Thier hatte demnach um 1764 g, d. i. um 52 % seines ursprünglichen Körpergewichts abgenommen (im Tag 49 g). Der unterdess entleerte, trockene Koth hatte ein Gewicht von 17,2 g mit 2,016 g = 11,72 % Asche; in 100 g trockenem Koth waren 0,48 % Eisen, 3,69 % Kalk und 1,88 % Phosphorsäure. In 100 g Asche befanden sich 5,92 % Fe_2O_3, 26,73 % CaO, 7,21 % MgO und 25,90 % P_2O_5. In den 2,016 g Asche des trockenen Kothes wurden demnach 0,539 g CaO ausgeschieden.

Der im Harn enthaltene Kalk beträgt viel weniger; es waren nur 25 mg darin. Die Gesammtausscheidung an Kalk während der 36 Hungertage betrug also 0,564 g CaO, was (bei 29,8 % Kalk in 100 trockenen Knochen) 1,9 g trockener und 3,4 g frischer Knochensubstanz entspricht. Unter der Annahme, dass das frische Skelett der anfänglich 3368 g schweren Katze (bei 11 %) 370,5 g gewogen hat, das trockene Skelett 209,3 g, und unter der weiteren Annahme, dass aller im Harn und Koth enthaltener Kalk aus den Knochen stammt, was doch nicht der Fall ist, berechnet sich der Verlust an frischer und trockener Knochensubstanz in 36 Hungertagen auf nicht ganz 1 %[1]).

1) Ich habe auch den Kalkgehalt des Muskels und des Blutes dieser Katze untersucht, um zu ersehen, ob darin die normale Kalkmenge vorhanden ist, wie in den Knochen des verhungerten Thieres. Es fand sich in 100 g frischem Blut = 0,00957 g CaO, in 100 g frischem Muskel = 0,02444 g CaO d. h. es ist der Kalkgehalt des Blutes und der Muskeln des hungernden Thieres von dem normalen Gehalt an Kalk nicht verschieden und hat sicherlich keine Aufspeicherung desselben stattgefunden. Die Katze hat im Harn und Koth 0,564 g Kalk verloren; da sie aber etwa 1000 g frischer Muskelmasse einbüsste, so kommen etwa 0,2 g Kalkverlust auf die Muskeln und nicht auf die Knochen.

J. Munk hat mittelst der gleichen Methode (nach der Berechnung von Fritz Voit) bei dem 10 Tage hungernden Menschen einen Verlust von 0,13% des Skeletts gefunden, bei dem 10 Tage hungernden Hunde von 7 Kilo Gewicht einen Verlust von 1,2%. Meine 36 Tage hungernde Katze von 3,4 Kilo Gewicht zeigte einen Verlust von nicht ganz 1%.

Diese Resultate scheinen auf den ersten Blick ganz ausserordentlich verschieden zu sein von denen nach der ersten Methode erhaltenen, wobei ein wesentlich grösserer Verlust der Knochen beim Hunger sich ergeben hat. Wenn man aber die beträchtliche Einbusse des Knochens an Fett in Betracht zieht, dann reduzirt sich der Verlust an trockenem, fettfreiem Knochen bei der 2,9 Kilo schweren, 28 Tage hungernden Katze auf 4% und bei der 3,0 Kilo schweren, 35 Tage hungernden Katze auf 13%, was allerdings noch den nach der 2. Methode gefundenen Verlust bedeutend übertrifft. Von den früheren, nach der ersten Methode angestellten Versuchen sind nur die schon angegebenen ersten Versuche von Weiske an Kaninchen zu benützen, da nur bei diesen die trockenen entfetteten Knochen gewogen wurden; es fand sich dabei am 27. Hungertage des 2,0 Kilo schweren Thieres ein Verlust von 3% und am 32. Hungertage des 2,1 Kilo schweren Thieres ein Verlust von 12%, welche Zahlen sehr gut mit denen von mir an Katzen gewonnenen übereinstimmen.

Ich stehe nicht an, zu sagen, dass der von J. Munk eingeschlagene Weg der Bestimmung der Kalkausscheidung aus dem Körper sicherere Resultate über den Kalkverlust der Knochen beim Hunger ergiebt. Die Gewichte der Knochen können nämlich auch bei annähernd gleich schweren Individuen einer Thierart ziemlich verschieden sein. Bei meiner verhungerten Katze *b* war das frische Skelett um 7 g schwerer als bei der Vergleichskatze *a*, wobei allerdings das erstere Thier anfänglich um 233 g schwerer war wie das letztere; es würde sich also bei dem anfänglich schwereren Skelett der Katze *b* der Verlust von 4% zu niedrig stellen. Bei meiner verhungerten Katze *c*, welche 13% der trockenen, fettfreien Knochensubstanz verlor, könnte das Skelett bei Beginn des Hungers, trotzdem das Thier um 215 g

schwerer war als das Vergleichsthier *a*, doch leichter gewesen sein wie bei der Vergleichskatze *a*, so dass die Knochen scheinbar mehr an Gewicht verloren haben, als es thatsächlich der Fall war. Es würde sich demnach der Verlust an trockener fettfreier Knochensubstanz zwischen 4% und 13% stellen.

Es ist selbstverständlich, dass die Knochen sich auch an der Abnahme beim Hunger betheiligen müssen, da sie ja nicht wie ein Stein sich verhalten und nicht den Lebensprocessen entzogen sind.

Die Knochen enthalten in den Havers'schen Kanälen Blutgefässe und es cirkulirt in dem ganzen System der Knochenkörperchen und Primitivröhrchen Lymphplasma, welches die Knochenzellen und ihre Fortsätze umspült. Auch das Wachsthum der Knochen thut dar, dass dieselben mit Ernährungsflüssigkeit versorgt werden und wie die übrigen Organe des Körpers an dem Stoffumsatz und dem Ersatz betheiligt sind. Diese Lebensvorgänge treten nur, wie auch meine Beobachtungen darthun, bei den verhältnissmässig blutarmen Knochen in viel geringerem Grade auf, als bei den blutreichen Organen.

Bei der Ausführung vorstehender Versuche war mir Herr Privatdocent Dr. Otto Frank, Assistent am physiologischen Institute, vielfach behilflich; ich spreche ihm dafür auch an dieser Stelle meinen besten Dank aus.